

УДК 620.268:621.655(655.6:66.026.4)

## РОЗРОБКА КОРОЗІЙНОСТІЙКИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КЛАПАННИХ ПАР «СІДЛО-КУЛЯ» ДО НАФТОВИХ СВЕРДЛОВИННИХ НАСОСІВ

<sup>1</sup>В.Я. Науменко, <sup>2</sup>Ю.В. Момот, <sup>3</sup>В.І. Івченко<sup>1</sup> Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова, 01601, м. Київ, вул. Пирогова, 9, тел. 095 9346859<sup>2</sup> ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», 36014, м. Полтава, вул. Ковалюка, 3; тел. 066 0572161, e-mail: [july\\_momot@bigmir.net](mailto:july_momot@bigmir.net)<sup>3</sup> Інститут проблем матеріалознавства імені І.М. Францевича НАН України, 03142, м. Київ, вул. Крижанівського, 3, тел. (044) 4241524

Проведено дослідження корозійної стійкості карбід-хромових сплавів, легованих нікелем, нержавіючих сталей, сплавів сталітів та твердих сплавів у кислому, лужному та соляному середовищах при звичайних температурах, а також при температурі 600°C залежно від часу випробування. Встановлена значна перевага корозійної стійкості карбід-хромових сплавів, легованих нікелем, в будь-якому середовищі, що є підставою для виготовлення ефективних клапанних пар «сідло-куля» для нафтових свердловинних насосів.

Ключові слова: корозійна стійкість, карбід-хромові сплави, корозія.

Проведено исследование коррозионной устойчивости карбид-хромовых сплавов, легированных никелем, нержавеющей сталей, сплавов стеллитов и твердых сплавов в кислой, щелочной и соляной среде при обычных температурах, а также при температуре 600°C в зависимости от времени пребывания. Установлено значительное преимущество коррозионной устойчивости карбид-хромовых сплавов, легированных никелем, в любой среде, что обосновывает изготовление эффективных клапанных пар «седло-шар» для нефтяных скважинных насосов.

Ключевые слова: коррозионная устойчивость, карбид-хромовые сплавы, коррозия.

The investigation of corrosion resistance of carbide-chromic alloys alloyed with a nickel stainless steel, satellite alloys and hard alloys in acidic, alkaline and salt medium at standard temperatures as well as at the temperature of 600°C depending on the time of testing. The significant advantage of corrosion resistance of carbide-chromic alloys which are alloyed with nickel in any medium has been determined. It substantiates manufacturing efficient pairs "valve seat – sphere" used in borehole pumps.

Keywords: corrosion resistance, carbide-chromic alloys, corrosion.

В даний час актуальним завданням є підвищення видобутку нафти й газу як основних сировинних джерел. Видобуток нафти і газового конденсату в основному здійснюється за допомогою нафтових свердловинних насосів, у яких важливим вузлом є клапанна пара «сідло-куля» – серце насоса. Клапанна пара працює в жорстких умовах: високий тиск і підвищена температура, постійно високе механічно-абразивне зношування і велика корозія (кислоти, луги, солі, сірководень, сірка та ін.). Такі умови разом з абразивною пульпою призводять до швидкого зношування робочих поверхонь клапанної пари, що веде до зупинки процесу свердління, а також зменшенню продуктивності видобутку нафти і газу.

Більшість країн світу, в тому числі і Україна, для виготовлення клапанних пар застосовують леговані або нержавіючі сталі, кобальт-хромові сплави (сталіти), тверді сплави типу ВК та інші, які працюють від одного до п'яти місяців. Через високе зношування і корозію клапанні пари розгерметизуються і виходять з ладу.

З метою усунення вищенаведених недоліків Київське науково-виробниче МП «Металокераміка» спільно з Інститутом проблем матеріалознавства НАН України розробили нові композиційні металокерамічні матеріали на основі карбіду хрому ( $\text{Cr}_3\text{C}_2$ ), леговані нікелем, які дозволили значно підвищити корозійну стійкість клапанних пар нафтових насосів в будь-якому середовищі [5]. Проблема подальшого підвищення корозійної стійкості згаданих виробів залишається актуальною.

Відомо, що сам карбід хрому ( $\text{Cr}_3\text{C}_2$ ) є одним з корозійних матеріалів: як за кімнатних, так і за підвищених температур (не окислюється практично до 1000°C) [1]. Легування його домішками нікелю сприяє збільшенню корозійної стійкості завдяки утворенню складних карбідів  $(\text{CrNi})_7\text{C}_3$ , які містять до 14-16 мас. % хрому [2; 3].

Дослідження корозійної стійкості проводили на зразках діаметром 15 мм і висотою 10 мм, виготовлених із карбід-хромового сплаву оптимального складу (85 %  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  + 15 % Ni) загальновідомими методами порошкової металургії [3; 4]. Зразки нержавіючих сталей і спла-

Таблиця 1 – Залежність швидкості корозії від часу ( $t = 600^\circ\text{C}$ , повітря,  $\tau = 20$  год.)

№ з/п	Назва матеріалу	Швидкість корозії $K$ , г/м <sup>2</sup>									
		Час випробування $\tau$ , год.									
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1.	Нержавіючі сталі (40x13)	6,2	6,8	7,4	7,8	8,3	8,7	9,1	9,6	9,9	10,3
2.	Стеліти (основа 30% Со +28% Сг)	5,4	5,8	6,0	6,3	6,7	7,0	7,3	7,7	8,0	8,6
3.	Тверді сплави типу ВК (ВК-8)	3,5	3,8	4,4	4,7	5,1	5,3	5,6	5,9	6,1	6,4
4.	Карбідхромові сплави (КХН – 15)	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,35	1,4	1,45	1,47	1,5

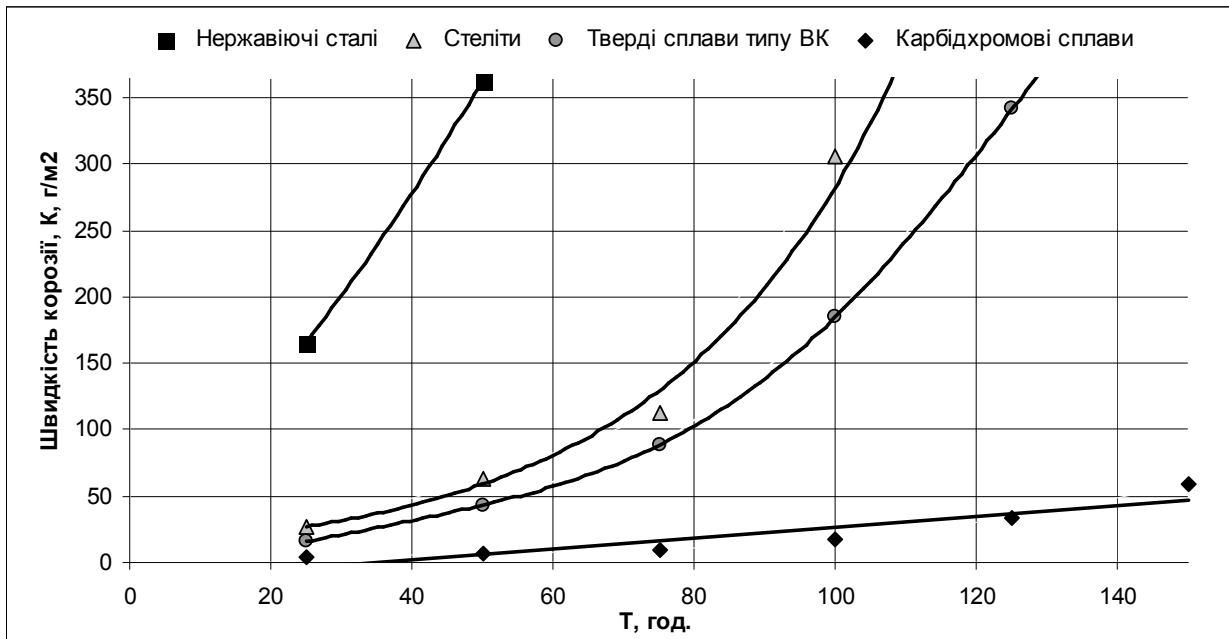


Рисунок 1 – Залежність швидкості корозії від часу випробування за температури 600 °C

вів стеліту (до  $\approx 30$  мас. % Со) виготовляли методом лиття. Зразки із твердого сплаву ВК-8 виготовляли методом порошкової металургії. Пористість зразків складала 0 %. Швидкість корозії визначали за формулою:

$$K = \frac{(m_0 - m_1)}{S * \tau},$$

де:  $m_0$  - початкова маса зразка, г;  
 $m_1$  - маса зразка після видалення продуктів корозії, г;  
 $S$  - площа зразка до випробування, м<sup>2</sup>;  
 $\tau$  - час випробування, год.

Дослідження корозії проводилося при  $t = 600^\circ\text{C}$  (при  $t > 500^\circ\text{C}$  більшість металів і сплавів починають активно окислюватися). Нагрівання відбувалося на повітрі зі швидкістю  $10^\circ\text{C}/\text{хв.}$  протягом 20 годин. Вимірювання зміни (збільшення) маси зразків проводили через кожні 2 год. на аналітичних терезах АДВ-200 з точністю до  $10^{-4}$  г. Результати визначення швидкості корозії зразків наведені в табл. 1.

На рис. 1 наведена залежність швидкості корозії зразків різних матеріалів за температури  $600^\circ\text{C}$  на повітрі від часу випробування. З поданого рисунку можна визначити, що втрата

маси зразків має близьку до лінійної залежність від часу випробування. Крім того, з табл. 1 і рис. 1 видно, що найбільшу корозійну стійкість мають зразки, виготовлені із карбід-хромонікелевого сплаву. Це зумовлено тим, що нікель підвищує корозійну стійкість завдяки утворенню складних нікель-хромових карбідів.

Поряд з цим були проведені дослідження корозійної стійкості матеріалів в кислому, лужному та соляному середовищах протягом 24 год. Результати наведені в табл. 2.

Як видно з табл. 2, після випробування в агресивних середовищах, перевага карбід-хромонікелевих сплавів є очевидною. Швидкість корозії зразків, виготовлених із сплавів КХН-15, в 5-30 разів менша, ніж відомих матеріалів.

У зв'язку з тим, що у більшості перспективних щодо видобутку нафти і газу родовищ сірководневе середовище є основним, проведені дослідження швидкості корозії у 10 % розчині  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , що відповідає умовам «Чорномор-нафтогазу» щодо вмісту сірководню. Одержані результати досліджень представлені в табл. 3.

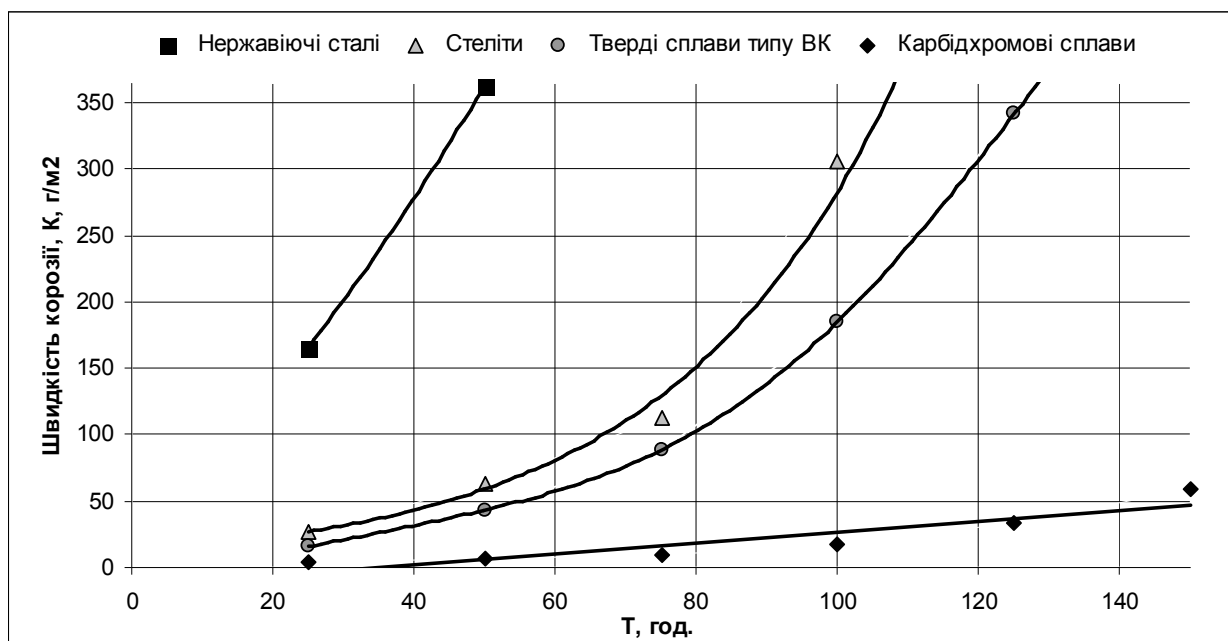
На рис. 2 зображено залежність швидкості корозії від часу випробування у середовищі 10 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Таблиця 2 – Корозійна стійкість матеріалів (втрата маси, г/м<sup>2</sup>) в агресивних середовищах

№ з/п	Назва матеріалу	Швидкість корозії К, г/м <sup>2</sup>							
		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10%	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 50%	HNO <sub>3</sub> 35%	50% HNO <sub>3</sub> + 50% HO	NaOH 5%	NaOH 50%	CaCl <sub>2</sub>	Молочна кислота
1.	Нержавіючі сталі (40х13)	165	730	45,2	розч. повністю	0,5	0,9	0,15	0,5
2.	Стеліти (основа 30% Со + 28% Сг)	27,3	70,3	38,4	435,0	3,8	6,3	8,5	27,3
3.	Тверді сплави типу ВК (ВК-8)	15,8	35,6	25,2	282,0	2,2	3,8	5,2	17,6
4.	Карбідохромові сплави (КХН-15)	3,4	5,1	1,9	81,0	0,05	0,1	0,03	0,5

Таблиця 3 – Результати випробування швидкості корозії (г/м<sup>2</sup>) залежно від часу випробування (τ = 24 год)

№ з/п	Назва матеріалу	Час окислення, год.					
		25	50	75	100	125	150
1.	Нержавіючі сталі (40х13)	165,0	362,8	603,6	розч. повністю	-	-
2.	Стеліти (основа 30% Со + 28% Сг)	27,3	62,5	112,3	305,6	розч. повністю	-
3.	Тверді сплави типу ВК (ВК-8)	15,8	43,2	88,5	185,3	341,6	485,3
4.	Карбідохромові сплави (КХН-15)	3,4	6,7	9,3	16,8	33,5	58,6

Рисунок 2 – Залежність швидкості корозії залежно від часу випробування у середовищі 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

З рисунку 2 видно, що зі збільшенням часу випробувань швидкість корозії зростає для нержавіючих сталей, стелітів та твердих сплавів. Для карбід-хромонікелевих сплавів типу КХН-15 швидкість процесу наростання корозії відсутня.

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що запропоновані карбід-

хромові матеріали, леговані нікелем та іншими домішками, за своїми показниками корозійної стійкості значно перевищують відомі матеріали та сплави і будь-якому агресивному (зокрема, сірководневому) середовищі як при кімнатних, так і високих температурах.

Про це також свідчать результати випробування дослідних партій клапанних пар «сідло-куля», виготовлених з карбід-хромонікелевих сплавів, які пройшли успішні апробації на підприємствах ВАТ «Укрнафта», зокрема «Охтирканафтогаз», Полтавське тампонажне управління та ін. Вони були в експлуатації більше 2-х років без зносу і корозії, що у 3-5 разів перевищує термін служби клапанних пар, виготовлених із стелітів та твердих сплавів типу ВК.

### *Література*

- 1 Косолапова Т.Я. Карбиды / Т.Я. Косолапова. – М.: Металлургия, 1998. – 298 с.
- 2 Маслюк В.А. Влияние способа получения лигатуры никель-фосфор на структуру и свойства карбидхромового сплава с 15% никель-фосфорной связки / В.А. Маслюк // Порошковая металлургия. – 1983. – № 12. – С. 47-41.
- 3 Разработка новых композиционных материалов на основе карбида хрома // Кубото Текко Сокейдзай дире Хонту. Япония. – 1987. – № 1. – С.18.
- 4 Патент України № 51314, МПК (2006) С 22 С 29/02, С 04 В 35/56. Зносокорозійностійкий матеріал на основі карбіду хрому / Науменко В.Я., Івченко В.І., Червоненко Л.В.; власник Науменко В.Я. – № U201000737 ; заявл. 26.01.10 ; опубл. 12.07.10., Бюл. № 13.
- 5 Застосування нових металокерамічних композиційних матеріалів у нафтогазобудуванні / В.Я. Науменко, Є.І. Палиця, М.В. Лігоцький, В.І. Івченко // Нафтова і газова промисловість. – 2000. – № 6. – С. 34-35.

*Стаття надійшла до редакційної колегії*

*21.12.10*

*Рекомендована до друку професором*

*В.Я. Грудзом*